Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 17, No. 3, Fall. 2019, p. 403-414

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۷، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۸، ص.۴۱۴-۴۰۳

بررسی تأثیر سطوح آبیاری، نیتروژن و پتاسیم بر عملکرد ماده خشک و برخی صفات فیزیولوژیک ارزن پادزهری (*Panicum antidotale* Retz.)

زین‌العابدین جوییان[1]، محمد کافی[2*]، احمد نظامی[2]، سید غلامرضا موسوی[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۷/۰۷

چکیده

استفاده بهینه از منابع آب موجود، به همراه بهبود کارایی عناصر غذایی در شرایط تنش خشکی، ضمن کمک به تحقق اهداف کشاورزی پایدار، سبب افزایش و یا ثبات عملکرد گیاهان زراعی نیز می‌شود. این مطالعه با هدف بررسی اثرات تنش خشکی و عناصر نیتروژن و پتاسیم بر عملکرد و برخی خصوصیات فیزیولوژیک گیاه ارزن پادزهری (*Panicum antidotale* Retz.) در شرایط آب و هوایی بیرجند در خراسان جنوبی انجام شد. آزمایش به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی بیرجند انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل آبیاری بر اساس تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر در سه سطح (۷۰، ۱۴۰ و ۲۱۰ میلی‌متر)، نیتروژن بر اساس آزمون خاک در سه سطح صفر، مصرف به میزان نصف مقدار قابل توصیه آزمون خاک (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) و مصرف بر اساس مقدار قابل توصیه آزمون خاک (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) و پتاسیم در دو سطح (صفر و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) بود. نتایج نشان داد که با افزایش تبخیر تجمعی رطوبت از تشتک تبخیر و یا کاهش آب مصرفی، کارایی مصرف تشعشع کاهش و کارایی مصرف آب افزایش یافت. همچنین با افزایش نیتروژن مصرفی، کارایی مصرف نیتروژن کاهش یافت. در صفت عملکرد ماده خشک در مجموع چین‌ها، اثر متقابل سه‌گانه رژیم آبیاری و کودهای نیتروژن و پتاسیم معنی‌دار بود و کاربرد این عناصر در زمان افزایش شدت تنش، صفت فوق را بهبود داد. در مجموع به‌نظر می‌رسد که کاربرد عناصر نیتروژن و پتاسیم در شرایط تنش خشکی، می‌تواند در کاهش اثرات مخرب تنش و افزایش تحمل ارزن پادزهری به خشکی موثر باشد.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، کارایی مصرف آب، عناصر غذایی

مقدمه

محدودیت شدید منابع آبی کشور عامل مهمی در کاهش تولید محصولات کشاورزی می‌باشد. در سال‌های اخیر، در استان خراسان جنوبی به دلیل فراهم نبودن شرایط جوی مساعد، ریزش‌ها به حداقل خود کاهش یافته و این موضوع علاوه بر بروز بحران کم‌آبی، سبب تشدید مشکل شوری آب و خاک نیز شده است. بنابراین با توجه به شرایط کم آبی در منطقه خراسان جنوبی شناخت گیاهان سازگار به کم‌آبی و به‌کارگیری روش‌های لازم برای مصرف بهینه آب آبیاری بسیار ضروری و حائز اهمیت می‌باشد. ارزن پادزهری (*Panicum antidotale* Retz.) گیاهی بومی مناطق معتدل و گرمسیری آسیا از خاورمیانه تا هند (افغانستان، ایران، یمن، هند و پاکستان) بوده (Eshghizadeh, 2012) و به دلیل تحمل به شوری و خشکی، چند ساله بودن و بهره‌گیری از مسیر فتوسنتزی C_4 (Roundy *et al.*, 1993) از جایگاه قابل توجهی برخوردار است. از این رو، می‌توان به‌جای کشت گیاهانی چون یونجه (*Medicago sativa* L.) و چغندر علوفه‌ای (*Beta vulgaris* L.) که مقدار زیادی از منابع آبی منطقه را به خود اختصاص می‌دهند، با ترویج کاشت ارزن پادزهری علاوه بر صرفه‌جویی در مصرف منابع آب، علوفه قابل قبولی هم تولید نمود. به عبارت دیگر، تولید علوفه با استفاده از گونه‌های علوفه‌ای که نیاز چندانی به آب نداشته و به آب‌های با کیفیت پایین سازگار باشند، راه‌حل مناسبی برای افزایش تولیدات دامی کشور بوده و گیاهانی که بتوانند با مصرف آب کمتر، ماده خشک بیشتری تولید نمایند و کارآیی مصرف آب بالاتری داشته باشند، از این نظر حائز اهمیت هستند (Eshghizadeh *et al.*, 2012). ثقه‌الاسلامی و همکاران واکنش چهار ژنوتیپ اصلاح شده ارزن معمولی و یک ژنوتیپ از توده محلی بیرجند را در شرایط تنش خشکی بررسی و گزارش کردند که تنش خشکی در مرحله ظهور خوشه باعث بیشترین کاهش در عملکرد دانه و بازده استفاده از آب شد (Seghatoleslami *et al.*, 2007).

عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم سه عنصر اصلی پرمصرف در تغذیه گیاه هستند. نیتروژن چهارمین عنصر اصلی تشکیل‌دهنده وزن خشک گیاهان و یکی از اجزای تشکیل‌دهنده مولکول‌های مهم زیستی از قبیل پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک، برخی هورمون‌ها و

۱- دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۲- استاد گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۳- دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بیرجند
(*- نویسنده مسئول: Email: m.kafi@um.ac.ir)
DOI: 10.22067/gsc.v17i3.69964

کلروفیل است (Taiz and Zeiger, 2006; Hopkins, 2004). پتاسیم نیز عملکرد و کیفیت محصول را تحت تأثیر قرار می‌دهد. این عنصر در فعال‌سازی آنزیم‌ها، ایجاد تعادل اسمزی برای حفظ تورژسانس و تنظیم باز و بسته شدن روزنه‌ها موثر است (Kelik *et al.*, 2010). با توجه به اهمیت نیتروژن بر رشد و فتوسنتز به‌ویژه در گیاهان علوفه‌ای از یک سو و نقش پتاسیم در بهبود رشد، افزایش مقاومت به شرایط آب و هوایی نامطلوب از جمله تنش کم‌آبی، استحکام ساقه و مقاومت گیاه در برابر بیماری‌ها از سوی دیگر، مطالعه و تعیین مناسب‌ترین میزان مصرف این عناصر ضروری به نظر می‌رسد. اونیل و همکاران، طی بررسی تأثیر دو سطح نیتروژن شامل مقادیر صفر و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار در شرایط بدون تنش و تنش کم‌آبی در ذرت اظهار داشتند که سطوح نیتروژن و آبیاری اثر معنی‌داری بر عملکرد ماده خشک ذرت (*Zea maize* L.) و راندمان مصرف نیتروژن داشته است اما اثر متقابل نیتروژن و آبیاری بر این صفات معنی‌دار نبوده است (O,Neill *et al.*, 2004). کاهش کارایی استفاده از کود نیتروژن با افزایش مقدار مصرف آن (قانون بازده نزولی) توسط محققین دیگر نیز گزارش شده است (Sadeghipour Marvi, 2009; Zebarth *et al.*, 2004). بر اساس نتایج آزمایشی که در آن به بررسی اثر مقادیر نیتروژن و آبیاری بر راندمان مصرف آب ذرت پرداخته شد، اثر نیتروژن، آبیاری و اثر متقابل آبیاری و نیتروژن بر راندمان مصرف آب معنی‌دار بود. بدین ترتیب که افزایش مصرف نیتروژن در دو سال آزمایش باعث افزایش راندمان مصرف آب گردید، اما بین تیمار کودی ۲۵۰ و ۳۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (Al-Kaisi and Yin, 2003). در تحقیقی دیگر، پژوهشگران نشان دادند که مصرف سولفات پتاسیم در شرایط رطوبتی مطلوب و تنش خشکی در گیاه ذرت، عملکرد بیولوژیک را نسبت به تیمارهای مشابه ولی بدون مصرف پتاسیم، افزایش نشان داد (Dastbandannejad *et al.*, 2010). در آزمایشی دیگر، محققان اثرات تنش آبی و کود پتاسیم را بر عملکرد ارقام ذرت علوفه‌ای مورد بررسی قرار داده و عنوان کردند که علی‌رغم اینکه ارقام مورد بررسی از نظر صفات تعداد روز تا ظهور گل‌تاجی و کاکل تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند، اما از نظر میانگین ارتفاع بوته، ارتفاع بلال و تعداد کل برگ در بوته، تفاوت غیرمعنی‌داری را از خود نشان دادند. آنها بیان نمودند که کاربرد پتاسیم تأثیرات مثبت و معنی‌داری بر روی میزان تولید محصول داشت، اما اثرات متقابل سطوح مختلف کود پتاسیم و سایر تیمارها از نظر صفات مورد بررسی تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (Mohammadian *et al.*, 2004). با توجه به آنچه گفته شد، هدف از این تحقیق، مطالعه اثرات سطوح نیتروژن و پتاسیم بر برخی صفات فیزیولوژیک و عملکرد ماده خشک گیاه ارزن پادزهری در پاسخ به تنش خشکی بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در طی سال‌های زراعی ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد بیرجند واقع در کیلومتر چهار جاده بیرجند ـ زاهدان با طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۱۳دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۵۲ دقیقه شمالی و ۱۴۸۰ متر ارتفاع از سطح دریا انجام شد. میانگین ۱۵ ساله بارندگی در این منطقه ۱۷۶ میلی‌متر بوده و حداقل و حداکثر مطلق و میانگین درجه حرارت به‌ترتیب ۴/۶، ۳۹/۱ و ۲۷/۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. همچنین میانگین حداقل و حداکثر رطوبت نسبی به‌ترتیب ۲۳/۵ و ۵۹/۶ درصد است. شهرستان بیرجند در شرق ایران قرار گرفته و بخش عمده آن، به دلیل مجاورت با دشت لوت، دارای اقلیم بیابانی گرم و خشک است. مشخصات خاک محل آزمایش در جدول ۱ آورده شده است. بافت خاک محل آزمایش از نوع لومی بود.

جدول ۱- مشخصات خاک محل آزمایش

Table 1- Traits of soil of experiment location

سال Year	فسفر قابل جذب Absorbable P (ppm)	پتاسیم قابل جذب Absorbable K (ppm)	گچ Gypsum (%)	شن Sand (%)	سیلت Silt (%)	رس Clay (%)	آهک Lime (%)	نیتروژن کل Total N (%)	کربن آلی OC (%)	هدایت- الکتریکی EC ($dS\ m^{-1}$)	pH
2013	15.41	266	0.001	44	36	20	10.5	0.041	0.17	7.23	7.79
2014	15.64	257	0.004	42	38	20	8.5	0.056	0.26	7.45	7.89

آزمایش به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. عوامل مورد آزمایش شامل آبیاری بر اساس تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر در سه سطح (۷۰، ۱۴۰ و ۲۱۰ میلی‌متر)، نیتروژن بر اساس آزمون خاک در سه سطح صفر، مصرف به میزان نصف مقدار قابل توصیه بر اساس آزمون خاک (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) و مصرف بر اساس مقدار قابل توصیه بر اساس آزمون خاک (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) و مقدار پتاسیم در دو سطح (صفر و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) بود. در این تحقیق سطوح آبیاری به‌عنوان کرت اصلی و مقادیر نیتروژن و پتاسیم فاکتوریل شده و به‌عنوان کرت فرعی در نظر گرفته شدند. کود پتاسیم به‌صورت

سولفات پتاسیم و هم‌زمان با اولین آبیاری در سال دوم اعمال گردید. مقادیر کود نیتروژن نیز به‌صورت کود اوره در سال دوم و در سه نوبت به‌صورت ۱/۳ در مرحله شش برگی گیاه در چین اول، ۱/۳ در اولین آبیاری پس از برداشت چین اول و مابقی (۱/۳) در اولین آبیاری پس از برداشت چین دوم به‌صورت سرک اعمال شدند.

طول هر کرت آزمایشی پنج متر، تعداد خطوط کاشت چهار خط، فواصل خطوط کاشت ۵۰ سانتی‌متر (ابعاد کرت ۵×۲ متر مربع) و فاصله بوته‌ها روی ردیف ۱۶ سانتی‌متر بود. همچنین فاصله بین کرت‌های اصلی و فرعی، به‌ترتیب ۱/۵ و یک متر در نظر گرفته شد. زمین مورد آزمایش طی دو سال قبل آیش بود. جهت آماده‌سازی بستر کاشت در اوایل بهار شخم نسبتاً عمیق (۳۰ سانتی‌متر) صورت گرفت و پس از انجام عملیات دیسک، نسبت به تسطیح زمین با لولر اقدام شد و در نهایت جوی و پشته‌ها با استفاده از فاروئر ایجاد و انتهای کرت‌های آزمایشی بسته شدند. بذرهای گیاه ارزن پادزهری از منطقه رودشت اصفهان جمع‌آوری و پس از ضدعفونی با قارچ‌کش بنومیل، در اول مردادماه ۱۳۹۲ در کرت‌های آزمایشی در عمق تقریبی ۱–۰/۵ سانتی‌متری کشت شدند و آبیاری مزرعه تا استقرار گیاه با فاصله زمانی کوتاه (سه تا پنج روز) و پس از آن هر هشت تا ۱۰ روز (با توجه به شرایط آب و هوایی) انجام شد. در طی دوره رشد گیاه، وجین علف‌های هرز به‌صورت دستی انجام شد. با توجه به اینکه ارزن پادزهری گیاهی چند ساله بوده و در سال اول بیشتر مواد فتوسنتزی، صرف استقرار گیاه می‌شوند، لذا اعمال تیمارهای آزمایشی و نمونه‌برداری صفات، در سال دوم آزمایش انجام شد. در سال دوم، اولین آبیاری در تاریخ ۹۳/۱/۶ صورت پذیرفت و در ادامه فصل رشد، سطوح رژیم آبیاری (۷۰، ۱۴۰ و ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی) براساس تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر از مرحله شش برگی تا انتهای فصل رشد اعمال شدند. جهت به‌دست آوردن ارتفاع آب آبیاری (برای تعیین حجم آب مصرفی) از رابطه ۱ مورد استفاده قرار گرفت (Ansari *et al.*, 2011):

$$d = \rho_b \cdot w \cdot D / 100 \qquad (۱)$$

در این رابطه، d: ارتفاع آب آبیاری، ρ_b: وزن مخصوص ظاهری خاک، w: میزان تغییر رطوبت و D: عمق ریشه (۴۰ سانتی‌متر) می‌باشد.

مقدار آب مصرفی برای هر کرت نیز با استفاده از کنتور که در ابتدای هر کرت قرار داده شده بود کنترل شد. همچنین در سال دوم، سه چین محصول به‌صورت دستی به‌ترتیب در تاریخ‌های ۹۳/۳/۲، ۹۳/۵/۱ و ۹۳/۷/۱۵ برداشت شد.

صفت کارایی مصرف تشعشع (RUE[1]) در طول فصل رشد و صفات کارایی مصرف آب، کارایی مصرف نیتروژن وکارایی زراعی نیتروژن در پایان فصل رشد اندازه‌گیری شدند. عملکرد ماده خشک نیز در هر چین برداشت اندازه‌گیری گردید. بدین ترتیب که با رعایت اثرات حاشیه‌ای، برداشت صورت گرفت و گیاهان جهت تعیین عملکرد ماده خشک به آزمایشگاه انتقال داده شدند.

جهت تعیین میزان RUE ابتدا میزان تشعشع جذب شده توسط گیاه به روش مستقیم اندازه‌گیری گردید (Koocheki *et al.*, 2009; Vafa bakhsh *et al.*, 2008). برای این منظور، به‌صورت هفتگی، میزان نور بالا و پایین سایه‌انداز توسط دستگاه Sun scan در چهار نقطه از هر کرت و در فواصل ساعات ۱۱ تا ۱۴ اندازه‌گیری شد. بر اساس مقادیر اندازه‌گیری شده شاخص سطح برگ و میزان نور اندازه‌گیری شده در بالا و پایین سایه‌انداز و با استفاده از معادله بیر–لامبرت (رابطه ۲)، مقدار ضریب خاموشی (k) تعیین شد.

$$Ln\frac{I_t}{I_0} = -k \times LAI \qquad (۲)$$

در این رابطه، I_0: میزان نور در بالای سایه‌انداز ($MJ\ M^{-2}\ s^{-1}$)، I_t: میزان نور در زیر سایه‌انداز ($MJ\ M^{-2}\ s^{-1}$)، k: ضریب خاموشی نور و LAI: شاخص سطح برگ هستند.

میزان تشعشع ورودی روزانه با احتساب ساعات آفتابی روزانه و استفاده از اطلاعات هواشناسی محاسبه و به کمک معادله سهو به روش گوآدریان و وان لار (Goudriaan and Van Laar, 1993) تصحیح شد.

$$\frac{I}{I_0} = A + B(\frac{n}{N}) \qquad (۳)$$

در این معادله، I: میزان تابش روزانه شبیه‌سازی شده، I_0: میزان تابش روزانه بالای سایه‌انداز با توجه به ساعات آفتابی، n: تعداد ساعات آفتابی در روز، N: طول روز و A و B: ضرایب آنگستروم بوده که به‌ترتیب ۰/۳۷۳ و ۰/۳۵۱هستند (Moeini *et al.*, 2010).

سپس شاخص سطح برگ روزانه (LAI_t) با استفاده از رابطه ۴ محاسبه شد و در ادامه، به کمک آن و تابش ورودی روزانه (I_0)، میزان تشعشع روزانه جذب شده (I_{abs}) از طریق رابطه ۵ محاسبه گردید. لازم به ذکر است که اندازه‌گیری سطح برگ و ماده خشک بوته به‌صورت هر دو هفته یک بار، با برداشت سه بوته از هر کرت و به‌ترتیب با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (مدل Li-1300) و آون (قرار دادن گیاهان در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت) انجام شد.

$$y=a+b\times4\times(\exp(-(x-c)/d))/(1+\exp(-(x-c)/d))^2 \qquad (۴)$$

$$I_{abs} = I_0(1 - e^{(-k\times LAI_t)}) \qquad (۵)$$

مقدار تابش جذب شده روزانه تجمعی با استفاده از اعداد تجمعی I_{abs} تا رسیدگی نهایی محاسبه شد. کارایی مصرف تشعشع (بر حسب گرم بر مگاژول) به‌عنوان شیب رگرسیون خطی بین ماده خشک تجمعی (بر حسب گرم بر متر مربع) و میزان نورجذب شده تجمعی (بر حسب مگاژول بر متر مربع) به‌دست آمد.

1- Radiation Use Efficiency

جهت تعیین کارایی استفاده و کارایی زراعی کود نیتروژن برای عملکرد علوفه از روابط ۶ و ۷ (Rathke *et al.*, 2006) و به منظور تعیین کارایی مصرف آب (WUE[1]) از رابطه ۸ (برحسب کیلوگرم بر متر مکعب) استفاده گردید (Panahi, 2016):

$$\text{کارایی استفاده از کود} = \frac{\text{میزان عملکرد در واحد سطح}}{\text{میزان کود مصرفی در واحد سطح}} \quad (۶)$$

$$\text{کارایی زراعی کود} = \frac{\text{عملکرد کرت کود نخورده} - \text{عملکرد کرت کود خورده}}{\text{میزان کود نیتروژن در واحد سطح}} \quad (۷)$$

$$\text{کارایی مصرف آب} = \frac{\text{میزان عملکرد در واحد سطح}}{\text{میزان آب مصرفی در واحد سطح}} \quad (۸)$$

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C و مقایسات میانگین از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

مقدار کل آب مصرفی برای هر یک از سطوح رژیم آبیاری در جدول ۲ آورده شده است. ملاحظه می‌شود با افزایش تبخیر تجمعی رطوبت از تشتک تبخیر، مقدار آب مصرفی در طول دوره رشد گیاه ارزن پادزهری کاهش یافت.

کارایی مصرف تشعشع

اثر رژیم آبیاری بر کارایی مصرف تشعشع گیاه ارزن پادزهری در هر سه چینِ اول، دوم و سوم معنی‌دار شد (جدول ۳).

با افزایش تبخیر تجمعی رطوبت از تشتک تبخیر و به دنبال آن، کاهش دفعات آبیاری، کارایی مصرف تشعشع کاهش یافت. در هر سه چین، بیشترین کارایی مصرف تشعشع در تیمار ۷۰ میلی‌متر و کمترین آن در تیمار ۲۱۰ میلی‌متر ملاحظه گردید (جدول ۴).

جدول ۲- حجم آب مصرفی در سطوح مختلف رژیم آبیاری

Table 2- Volume of irrigation water used in different water treatments

کل آب مصرفی Total irrigation water (m^3ha^{-1})	سطوح رژیم آبیاری Irrigation treatment (تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر) (cumulative evaporation from evaporation pan)
10250	70 (I_0)
5260	140 (I_1)
3400	210 (I_2)

به‌طور کلی بین تشعشع دریافت شده توسط کانوپی و رشد گیاه همبستگی نزدیکی وجود دارد و عموماً جذب نور توسط گیاه تا حد زیادی تابع اندازه کانوپی و سطح برگ گیاه بوده و با افزایش رشد گیاه میزان تشعشع دریافتی نیز افزایش می‌یابد. از آنجایی که کارایی مصرف تشعشع به‌صورت ماده خشک تولید شده در واحد سطح به‌ازای میزان انرژی تشعشعی استفاده شده تعریف می‌شود، لذا به نظر می‌رسد که افزایش تولید ماده خشک به‌واسطه تأمین آب و مواد غذایی کافی می‌تواند سبب افزایش کارایی مصرف تشعشع گردد (Jami Al-Ahmadi *et al.*, 2008). در این پژوهش، با وقوع تنش رطوبتی کارایی مصرف تشعشع گیاه ارزن پادزهری کاهش یافت. به نظر می‌رسد که عدم فراهمی آب به میزان کافی به‌واسطه کاهش رشد گیاه، باعث کاهش سطح برگ و جثه گیاه شده و این موضوع سبب کاهش تشعشع دریافتی و به دنبال آن، کاهش کارایی مصرف تشعشع گشته است. به عبارت دیگر با کاهش فراهمی آب، گیاه ارزن پادزهری تشعشع دریافتی را با کارایی کمتری به ماده خشک تبدیل می‌کند. اثر سطوح کود نیتروژن بر کارایی مصرف تشعشع گیاه ارزن پادزهری در چینِ اول معنی‌دار شد (جدول ۳). به‌طوری که با افزایش کاربرد کود نیتروژن از صفر به ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار،کارایی مصرف تشعشع نیز افزایش پیدا کرد (جدول ۵).

همچنین اثر متقابل سطوح کود نیتروژن و کود پتاسیم بر کارایی مصرف تشعشع گیاه در چینِ اول معنی‌دار شد (جدول ۳). به‌طوری که بالاترین کارایی مصرف تشعشع در تیمار N_{200}-K_{100}[2] مشاهده شد و کمترین آن در تیمار N_0-K_0 ملاحظه گردید. لکن کارایی مصرف تشعشع در سایر تیمارها از تیمار N_{200}-K_{100}کمتر و از تیمار N_0-K_0 بیشتر بود و از این نظر در یک کلاس آماری قرار داشتند (جدول ۶).

چنین تفسیر می‌گردد که تأمین عناصر غذایی نیتروژن و پتاسیم به میزان کافی برای گیاه ارزن پادزهری، به‌واسطه بهبود رشد گیاه سبب افزایش جذب نور و استفاده کارآمدتر آن در تولید ماده خشک و در نهایت افزایش کارایی مصرف تشعشع شده است. در همین راستا، بهشتی (Beheshti, 2002) بیان نمود که با افزایش مصرف نیتروژن، میزان تشعشع فعال فتوسنتزی (PAR[3]) و کارایی مصرف تشعشع (RUE) در گیاه ذرت بهبود یافت. جامی‌الاحمدی و همکاران (Jami Al-Ahmadi *et al.*, 2008) نیز در بررسی اثر تنش شوری بر کارایی مصرف نور گیاه هالوفیت کوشیا گزارش کردند که تحت شرایط تنش شوری ملایم (شوری ۸/۶ دسی‌زیمنس بر متر)، کارایی مصرف نور گیاه کوشیا افزایش پیدا کرد. آنها این موضوع را به ایفای نقش برخی از املاح به‌جای برخی از عناصر غذایی مورد نیاز گیاه (مانند یون

1- Water Use Efficiency

۲- مطابق با حروف اعمال شده در جدول تجزیه واریانس برای تیمارهای آبیاری، نیتروژن و پتاسیم به‌صورت I، N و K، جهت ارائه ساده‌تر نتایج آزمایش، در گزارش نتایج اثرات متقابل، از بیان حروف و مقادیر تیمارهای مربوطه استفاده شد. به‌عنوان مثال N_{200}-K_{100} یعنی: کود نیتروژن ۲۰۰ و کود پتاسیم ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار.

3- Photosynthetic Active Radiation

سدیم به‌جای یون پتاسیم) و تاثیر مثبت آنها در بهبود رشد گیاه هالوفیت کوشیا نسبت دادند.

جدول ۳- تجزیه واریانس کارایی مصرف تشعشع ارزن پادزهری در چین‌های اول تا سوم

Table 3- Analysis of variance for radiation use efficiency of blue panic grass in different cuts

منابع تغییر **S.O.V**	درجه آزادی **d.f**	چین اول **1st harvested**	چین دوم **2nd harvested**	چین سوم **3rd harvested**
تکرار Replication	2	0.005	0.256	0.041
آبیاری Irrigation (I)	2	5.83 **	5.20 **	7.13 **
خطای اول E (a)	4	0.070	0.101	0.135
نیتروژن N	2	1.03 **	0.300 ns	0.046 ns
پتاسیم K	1	0.151 ns	0.363 ns	0.065 ns
پتاسیم × نیتروژن K *N	2	0.310 *	0.140 ns	0.073 ns
نیتروژن × آبیاری I *N	4	0.079 ns	0.137 ns	0.137 ns
پتاسیم × آبیاری I * K	2	0.072 ns	0.061 ns	0.228 ns
پتاسیم × نیتروژن × آبیاری I * K *N	4	0.050 ns	0.601 ns	0.106 ns
خطای دوم E (b)	30	0.080	0.226	0.099
(%) cv	–	10.3	17.2	12.1

ns: غیر معنی‌دار   *: معنی‌دار در سطح پنج درصد   **: معنی‌دار در سطح ۱ درصد

ns: non-significant   *: significant in 5% level   **: significant in 1% level

جدول ٤- مقایسات میانگین اثر سطوح آبیاری بر کارایی مصرف تشعشع ارزن پادزهری در چین‌های اول تا سوم

Table 4- Mean comparisons of effect of irrigation levels on radiation use efficiency of blue panic grass in different cuts

سطوح رژیم آبیاری **Irrigation treatment** (تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر) **(Cumulative evaporation from evaporation pan)**	کارایی مصرف تشعشع **radiation use efficiency (g MJ^{-1})** چین سوم **3rd cut**	 چین دوم **2nd cut**	 چین اول **1st cut**
70	3.16 a	3.24 a	3.33 a
140	2.72 b	2.85 b	2.70 b
210	1.92 c	2.18 c	2.19 c

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد با یکدیگر ندارند.

Means that have at least one common letter have no significantly difference at 5%.

جدول ٥- مقایسات میانگین اثر سطوح نیتروژن بر کارایی مصرف تشعشع ارزن پادزهری در چین اول

Table 5- Mean comparisons of effect of nitrogen levels on radiation use efficiency of blue panic grass in the first cut

کود نیتروژن **N fertilizer (kg ha^{-1})**	کارایی مصرف تشعشع **radiation use efficiency (g MJ^{-1})**
0	2.49 c
100	2.75 b
200	2.97 a

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد با یکدیگر ندارند.

Means that have at least one common letter have no significantly difference at 5%.

کارایی مصرف آب

اثرات رژیم آبیاری، کود نیتروژن و اثر متقابل آنها و نیز اثر متقابل سه‌گانه رژیم آبیاری، کود نیتروژن و کود پتاسیم بر کارایی مصرف آب گیاه ارزن پادزهری در مجموع چین‌ها معنی‌دار شد (جدول ۷).

بررسی نتایج مقایسات میانگین اثر متقابل سه‌گانه نشان داد که بالاترین کارایی مصرف آب در دو تیمار I_{210}-N_{100}-K_0 و I_{210}-N_{200}-K_{100} مشاهده شد (جدول ۸).

جدول ٦- مقایسات میانگین اثر متقابل سطوح نیتروژن و پتاسیم بر کارایی مصرف تشعشع ارزن پادزهری در چین اول

Table 6- Mean comparisons of interactions of nitrogen and potassium levels on radiation use efficiency of blue panic grass in the first cut

کود نیتروژن N fertilizer (kg ha^{-1})	کود پتاسیم K fertilizer (kg ha^{-1})	کارایی مصرف تشعشع radiation use efficiency (g MJ^{-1})
0	0	2.36 c
	100	2.63 bc
100	0	2.85 ab
	100	2.65 b
200	0	2.85 ab
	100	3.10 a

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد با یکدیگر ندارند.

Means that have at least one common letter have no significantly difference at 5%.

جدول ۷- تجزیه واریانس صفات کارایی مصرف آب، کارایی مصرف نیتروژن و کارایی زراعی نیتروژن ارزن پادزهری

Table 7- Analysis of variance for water use efficiency, nitrogen use efficiency and agronomic nitrogen efficiency of blue panic grass

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	کارایی زراعی نیتروژن Agronomic nitrogen efficiency	کارایی مصرف نیتروژن Nitrogen use efficiency	کارایی مصرف آب Water use efficiency
تکرار Replication	2	69.15	83.97	0.107
آبیاری Irrigation (I)	2	812.81 ns	11827.06 **	12.50 **
خطای اول E (a)	4	147.52	57.37	0.026
نیتروژن N	2	86.58 ns	60405.35 **	0.995 **
پتاسیم K	1	24.98 ns	38.62 ns	0.003 ns
پتاسیم × نیتروژن K *N	2	60.60 ns	67.04 ns	0.126 ns
نیتروژن × آبیاری I *N	4	341.19 *	1497.66 **	0.334 **
پتاسیم × آبیاری I * K	2	674.03 **	169.18 ns	0.020 ns
پتاسیم × نیتروژن × آبیاری I * K *N	4	432.59 **	5420.70 **	0.245 **
خطای دوم E (b)	30	71.19	68.01	0.039
(%) cv	-	68.0	6.3	6.6

ns: غیر معنی‌دار   *: معنی‌دار در سطح ۵ درصد   **: معنی‌دار در سطح ۱ درصد

ns: non-significant   *: significant in 5% level   **: significant in 1% level

به‌طور کلی با افزایش مقدار تبخیر تجمعی از ۷۰ به ۲۱۰ میلی‌متر و کاهش میزان آبیاری، کارایی مصرف آب افزایش پیدا کرد. در تیمارهای ۷۰ و ۱۴۰ میلی‌متر، کاربرد کودهای نیتروژن و پتاسیم، چندان باعث افزایش کارایی مصرف آب نشد. اما در تیمار ۲۱۰

میلی‌متر، به‌کارگیری کودهای نیتروژن و پتاسیم تا حدی سبب افزایش معنی‌دار کارایی مصرف گردید (جدول ۸). به نظر می‌رسد که در زمان وقوع تنش‌های خشکی نسبتاً شدید، کاربرد کودهای نیتروژن و پتاسیم تا حدی می‌تواند در افزایش کارایی مصرف آب موثر باشد. در همین راستا واعظی و همکاران (Vaezi *et al.*, 2002) در بررسی اثر کود – آبیاری بر کارایی مصرف کود و آب و در گیاه ذرت علوفه‌ای بیان نمودند که با مصرف صحیح و بهینه کود می‌توان کارایی مصرف آب را بالا برد. عموماً در یک سیستم کشاورزی کم نهاده، کارایی استفاده از نهاده‌ها بالاتر است. چرا که گیاه تلاش می‌کند تا از حداقل نهاده موجود، بهترین استفاده را کرده و بیشترین ماده خشک را تولید کند. به‌عبارت دیگر و در مورد نهاده آب، با افزایش مقدار مصرف آب، میزان تولید اضافه شده کاهش یافته و این امر در نهایت منجر به کاهش تولید به‌ازای هر واحد آب مصرفی می‌شود (Zarea and Shahbazi, 2007). در این پژوهش با کاهش آب مصرفی، مقدار ماده خشک تولیدی به‌ازای هر واحد آب مصرفی افزایش یافت و همین امر سبب افزایش کارایی مصرف آب گردید. هرچند که این موضوع می‌تواند با کاهش عملکرد همراه باشد.

جدول ۸- مقایسات میانگین اثر متقابل سطوح آبیاری، نیتروژن و پتاسیم بر کارایی مصرف آب، کارایی مصرف نیتروژن و کارایی زراعی نیتروژن گیاه ارزن پادزهری

Table 8- Mean comparisons of interactions of irrigation, nitrogen and potassium levels on water use efficiency, nitrogen use efficiency and agronomic nitrogen efficiency of blue panic grass

سطوح رژیم آبیاری Irrigation treatment (تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر) (Cumulative evaporation from evaporation pan)	کود نیتروژن N fertilizer ($kg\ ha^{-1}$)	کود پتاسیم K fertilizer ($kg\ ha^{-1}$)	کارایی زراعی نیتروژن Agronomic nitrogen efficiency ($kg\ kg^{1}$)	کارایی مصرف نیتروژن Nitrogen use efficiency ($kg\ kg^{1}$)	کارایی مصرف آب Water use efficiency ($kg\ m^{-3}$)
70	0	0	-	–	1.92e
		100	-	–	1.97 e
	100	0	15.71 b	213.30 a	2.08 e
		100	15.89 b	218.80 a	2.13 e
	200	0	16.93 b	115.72 de	2.25 e
		100	0.94 bc	102.38 ef	1.99 e
140	0	0	-	–	3.29 cd
		100	-	–	3.06 d
	100	0	7.84 c	165.54 b	3.14 d
		100	7.32 bc	168.36 b	3.20cd
	200	0	0.82 bc	87.50 e	3.32 cd
		100	16.53 b	97.06 fg	3.69 b
210	0	0	-	–	3.02 d
		100	-	–	3.18cd
	100	0	40.41 a	143.21 c	4.21 a
		100	12.29 b	120.48 d	3.54 bc
	200	0	13.45 b	64.85 h	3.81 b
		100	16.51 b	70.61 h	4.15 a

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد با یکدیگر ندارند.

Means that have at least one common letter have no significantly difference at 5%.

کارایی مصرف نیتروژن

اثرات رژیم آبیاری، کود نیتروژن و اثر متقابل آنها و نیز اثر متقابل سه‌گانه رژیم آبیاری، کود نیتروژن و کود پتاسیم بر کارایی مصرف نیتروژن گیاه ارزن پادزهری در مجموع چین‌ها معنی‌دار شد (جدول ۷). نتایج مقایسات میانگین اثر متقابل سه‌گانه نشان داد که بالاترین کارایی مصرف نیتروژن در دو تیمار I_{70}-N_{100}-K_0 و I_{70}-N_{100}-K_{100} مشاهده شد (جدول ۸). همان‌طور که در بخش کارایی مصرف آب ذکر گردید، عموماً کارایی یک نهاده در زمان مصرف کمتر آن نهاده بالاتر است. چرا که گیاه تلاش می‌کند تا از حداقل نهاده موجود، بهترین استفاده را بکند. در این تحقیق نیز کارایی مصرف نیتروژن در تمامی سطوح رژیم آبیاری و کود پتاسیم، در سطح کود نیتروژن ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نسبت به سطح کودی ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار بالاتر بود. علاوه بر این، با افزایش مقدار تبخیر تجمعی از ۷۰ به ۲۱۰ میلی‌متر و کاهش میزان آبیاری، کارایی مصرف نیتروژن کاهش پیدا کرد. اما کاربرد کود پتاسیم در سطوح مختلف کود نیتروژن تاثیر چندانی در نوسانات کارایی مصرف نیتروژن نداشت (جدول ۸). زکیا و

همکاران (Zakia *et al.*, 2010) بیان نمودند که هنگامی که آب عامل محدودکننده برای رشد گیاه نیست، مصرف مقادیر زیادتر نیتروژن برای رشد گیاه سودمند خواهد بود. درحالی‌که تحت شرایط تنش رطوبتی کاربرد کود نیتروژن رشد رویشی گیاه را افزایش می‌دهد و با افزایش رشد رویشی، میزان تبخیر و تعرق نیز افزایش یافته و رطوبت موجود در خاک از این طریق تخلیه می‌شود و این امر منجر به کاهش میزان ماده خشک تولیدی به‌ازای هر واحد نیتروژن مصرفی و کاهش کارایی مصرف نیتروژن می‌گردد.

کارایی زراعی نیتروژن

اثرات متقابل رژیم آبیاری و کود نیتروژن و نیز رژیم آبیاری و کود پتاسیم و همچنین اثر متقابل سه‌گانه رژیم آبیاری، کود نیتروژن و کود پتاسیم بر کارایی زراعی نیتروژن گیاه ارزن پادزهری در مجموع چین‌ها معنی‌دار شد (جدول ۷). بررسی نتایج مقایسات میانگین اثر متقابل سه‌گانه نشان داد که بالاترین کارایی زراعی نیتروژن در تیمار I_{210}-N_{100}-K_0 مشاهده شد. هرچند که روند چندان منطقی‌ای میان نتایج وجود نداشت. با این حال با افزایش مقدار نیتروژن از ۱۰۰ به ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار در سطوح مختلف رژیم آبیاری و کود پتاسیم، کارایی زراعی نیتروژن تا حدی یک روند کاهشی را نشان داد (جدول ۸). چنین به نظر می‌رسد که با افزایش کود مصرفی، میزان هدر رفت نیتروژن نیز افزایش یافته و همین امر سبب کاهش کارایی زراعی نیتروژن شده است. از آنجایی که کارایی زراعی نیتروژن قابلیت تولید عملکرد یک گیاه را در ارتباط با مصرف کود نیتروژن نشان می‌دهد، لذا به نظر می‌رسد که با ارزیابی این پارامتر، میزان واحد عملکرد تولیدی به‌ازای هر واحد نیتروژن مصرفی مشخص می‌گردد (Rathke *et al.*, 2006). جلالی و بحرانی (Jalali and Bohrani, 2014) نیز در تحقیقات خود به بررسی تاثیر بقایای گیاهی و کود نیتروژن بر کارایی مصرف نیتروژن در تولید ذرت پرداختند. این محققین نیز کاهش کارایی زراعی نیتروژن را طی افزایش مقدار کود نیتروژن از ۱۵۰ به ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار گزارش کردند.

عملکرد ماده خشک

اثر رژیم آبیاری بر عملکرد ماده خشک گیاه ارزن پادزهری در چین‌های اول و سوم معنی‌دار شد (جدول ۹).

جدول ۹- تجزیه واریانس صفت عملکرد ماده خشک ارزن پادزهری در چین‌های اول تا سوم و مجموع چین‌ها
Table 9- Analysis of variance for dry matter yield of blue panic grass in different cuts

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	مجموع چین‌ها Total dry matter	چین سوم 3rd cut	چین دوم 2nd cut	چین اول 1st cut
تکرار Replication	2	249.19	1154.94	17188.93	49.32
آبیاری Irrigation (I)	2	34367.59 **	453496.97 **	317524.20 **	390788.32 **
خطای اول E (a)	4	37.43	5303.10	6587.74	1922.42
نیتروژن N	2	2181.75 **	5622.23 ns	1911.42 ns	73258.43 **
پتاسیم K	1	24.29 ns	2421.24 ns	8982.01 ns	8964.48 ns
پتاسیم × نیتروژن K *N	2	44.24 ns	3052.55 ns	1410.82 ns	9929.78 ns
نیتروژن × آبیاری I *N	4	303.92 ns	4534.83 ns	8281.34 ns	4634.54 ns
پتاسیم × آبیاری I * K	2	82.31 ns	8230.14 ns	2710.86 ns	3632.59 ns
پتاسیم × نیتروژن × آبیاری I * K *N	4	670.57 **	6907.69 ns	23012.72*	1634.37 ns
خطای دوم E (b)	30	73.99	4588.37	7394.95	3115.52
(%) CV	–	5.07	28.11	25.04	26.56

ns: غیر معنی‌دار   *: معنی‌دار در سطح ۵ درصد   **: معنی‌دار در سطح ۱ درصد
ns: non-significant   *: significant in 5% level   **: significant in 1% level

در هر دو چین، با افزایش تبخیر تجمعی رطوبت از تشتک تبخیر، عملکرد ماده خشک کاهش پیدا کرد. به‌طوری که هر یک از سطوح رژیم آبیاری در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۱۰).

همچنین اثر کود نیتروژن بر عملکرد ماده خشک گیاه ارزن پادزهری در چین اول معنی‌دار گردید (جدول ۹). با افزایش مقادیر کود نیتروژن مصرفی از صفر به ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار، عملکرد ماده

خشک گیاه نیز به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در مقایسه با تیمارهای صفر و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌ترتیب به میزان ۲۰/۱۴ و ۱۰/۲۳ درصد بیشتر بود (جدول ۱۱).

جدول ۱۰- مقایسات میانگین اثر رژیم آبیاری بر عملکرد ماده خشک ارزن پادزهری در چین‌های اول تا سوم

Table 10- Mean comparisons of effect of irrigation levels on dry matter yield of blue panic grass in different cuts

سطوح آبیاری Irrigation treatment (تبخیر تجمعی) (Cumulative evaporation) (mm)	عملکرد ماده خشک در چین سوم Dry matter yield in the 3rd cut (g m^{-2})	عملکرد ماده خشک در چین دوم Dry matter yield in the 2nd cut (g m^{-2})	عملکرد ماده خشک در چین اول Dry matter yield in the 1st cut (g m^{-2})
70	683.52 a	709.37a	721.77 a
140	565.57 b	605.29 b	558.20 b
210	369.30 c	445.68 c	427.70 c

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد با یکدیگر ندارند.

Means that have at least one common letter have no significantly difference at 5%.

جدول ۱۱- مقایسه میانگین اثر سطوح نیتروژن بر عملکرد ماده خشک ارزن پادزهری در چین اول

Table 11- Mean comparisons of effect of nitrogen levels on radiation use efficiency of blue panic grass in the 1st cut

کود نیتروژن N fertilizer (kg ha^{-1})	عملکرد ماده خشک Dry matter yield (g m^{-2})
0	505.76 c
100	568.56 b
200	633.34 a

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد با یکدیگر ندارند.

Means that have at least one common letter have no significantly difference at 5%.

جدول ۱۲- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح آبیاری، نیتروژن و پتاسیم بر عملکرد ماده خشک گیاه ارزن پادزهری در چین دوم و مجموع چین‌ها

Table 12- Mean comparisons of interactions of irrigation, nitrogen and potassium levels on dry matter yield of blue panic grass in the 2nd cut and total dry matter

سطوح رژیم آبیاری Irrigation treatment (تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر) (Cumulative evaporation from evaporation pan)	کود نیتروژن N fertilizer (kg ha^{-1})	کود پتاسیم K fertilizer (kg ha^{-1})	عملکرد ماده خشک در مجموع چین‌ها Total dry matter (g m^{-2})	عملکرد ماده خشک در چین دوم Dry matter yield in the 2nd cut (g m^{-2})
70	0	0	1975.87 d	675.26 a-e
		100	2029.00 cd	707.07 a-d
	100	0	2132.98 bc	726.44 a-c
		100	2187.94 ab	759.66 ab
	200	0	2314.43 a	798.02 a
		100	2047.65 b-d	589.74 c-g
140	0	0	1733.72 e	622.23 b-f
		100	1610.47 e	539.48 e-h
	100	0	1655.38 e	568.88 c-g
		100	1683.62 e	607.70 b-f
	200	0	1750.08 e	623.71 b-f
		100	1941.13 d	669.75 a-e
210	0	0	1027.96 i	369.71 i
		100	1081.94 hi	381.58 hi
	100	0	1432.08 f	554.87 d-g
		100	1204.85 gh	427.77 g-i
	200	0	1297.02 fg	457.95 f-i
		100	1412.18 f	482.17 f-i

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد با یکدیگر ندارند.

Means that have at least one common letter have no significantly difference at 5%.

علاوه بر این، اثر متقابل سه‌گانه رژیم آبیاری، کود نیتروژن و کود پتاسیم بر عملکرد ماده خشک ارزن پادزهری در چین دوم و مجموع چین‌ها معنی‌دار شد (جدول ۹). به گونه‌ای که در چین دوم، بیشترین عملکرد ماده خشک در تیمارهای I_{70} و سطوح مختلف کودهای نیتروژن و پتاسیم مشاهده شد (جدول ۱۲).

لکن با افزایش تبخیر تجمعی رطوبت از تشتک تبخیر از ۷۰ به ۲۱۰ میلی‌متر، عملکرد ماده خشک کاهش یافت. هرچند کاربرد کودهای نیتروژن و پتاسیم به میزان ۲۰۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در تیمار آبیاری ۱۴۰ میلی‌متر تا حدی از کاهش عملکرد ماده خشک جلوگیری نمود. در مجموع چین‌ها نیز با افزایش تبخیر تجمعی رطوبت از تشتک تبخیر از ۷۰ به ۲۱۰ میلی‌متر، عملکرد ماده خشک کاهش پیدا کرد و بیشترین عملکرد ماده خشک در تیمارهای I_{70}-N_{200}-K_0 و I_{70}-N_{100}-K_{100} مشاهده شد (جدول ۱۲). گزارش‌های علمی حکایت از این واقعیت دارند که در شرایط تنش خشکی گیاه به‌منظور حفظ فعالیت‌های متابولیک خود، غلظت متابولیت‌ها را در برخی سلول‌های بخش‌های حساس خود افزایش می‌دهد تا به‌واسطه آن، پتانسیل اسمزی را در این سلول‌ها منفی‌تر کرده و بتواند از این طریق، جذب آب بیشتری را انجام دهد (Kafi *et al.*, 2009; Claudio *et al.*, 2006). ولی این ساز و کار که در راستای حفظ بقای گیاه انجام می‌شود، خود برای گیاه هزینه داشته و سبب تولید کمتر ماده خشک می‌شود. عشقی‌زاده (Eshghizadeh, 2012) نیز در مطالعات خود کاهش عملکرد ماده خشک گیاه ارزن پادزهری را تحت سطوح شوری ۲۰ و ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر گزارش کرد. ناخدا و همکاران (Nakhoda *et al.*, 2000) اثرات تنش کم آبی را بر ارزن مرواریدی هیبرید علوفه‌ای نوتریفید (*Pennisetum glaucum* L.) مورد بررسی قرار داده و نتیجه گرفتند که علی‌رغم تحمل بالای ارزن مرواریدی به تنش کم‌آبی، تحت تنش شدید خشکی، عملکرد علوفه تر و تولید ماده خشک در چین‌های مختلف به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. همچنین کیفیت علوفه و تولید پروتئین خام و فیبر نیز تحت تاثیر تنش شدید خشکی کاهش یافت.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، کاربرد عناصر غذایی نیتروژن و پتاسیم در شرایط تنش خشکی، توانست تا حدی اثرات مخرب تنش را خنثی کرده و در بهبود صفات مورد بررسی تاثیرگذار باشد. همچنین نتایج این تحقیق، نویدبخش احتمال وجود یک مقاومت نسبی به تنش خشکی در گیاه ارزن پادزهری بوده و مبین آن است که می‌توان با انجام کارهای به‌نژادی تحمل به تنش خشکی را در این گیاه افزایش داد که در صورت تحقق این هدف، علاوه بر صرفه‌جویی در آب مصرفی در زراعت گیاه ارزن پادزهری، سود اقتصادی حاصله برای کشاورز نیز بیشتر خواهد بود.

References

1. Al-Kaisi, M., and Yin, X. 2003. Effects of nitrogen rate, irrigation rate, and plant population on yield and water use efficiency of corn. Agronomy Journal 95: 1475-1482.
2. Ansari, H., Sharifan, H., and Davari, K. 2011. Principles and Public Irrigation Operations. Publications of Mashhad Jahad Daneshgahi (in Persian).
3. Beheshti, A. R. 2002. The effect of changes in canopy structure on eco-physiological aspects of hybrid varieties of maize in connection with the radiation use efficiency and nitrogen uptake. PhD thesis, Ferdowsi University of Mashhad. (in Persian with English abstract).
4. Claudio, A., Chimenti, M., Marcantonio, M., and Hall, A. J. 2006. Divergent selection for osmotic adjustment results in improved drought tolerance in maize (*Zea mays* L.) in both early growth and flowering phases. Field Crops Research 95: 305-315.
5. Dastbandannejad, S., Saki, S., and Lack, S. 2010. Study effect drought stress and different levels potassium fertilizer on K accumulation in corn. Nature and Science 8: 23-28.
6. Eshghizadeh, H. R. 2012. Evaluation of some physiological, morphological and agronomical traits related to salt tolerance in halophyte species, blue panic grass (*Panicum antidotale* Retz). PhD thesis, Ferdowsi University of Mashhad. (in Persian with English abstract).
7. Eshghizadeh, H. R., Kafi, M., and Nezami, A. 2012. Effect of soil chemical properties on bio-saline production of blue panic grass (*Panicum antidotale* Retz). Under water-deficit and salinity stress conditions. Research on Crops 13 (3): 1039-1047.
8. Goudriaan, J., and Van Laar, H. H. 1993. Modeling potential crop growth processes. Kluwer Academic Press. Dordrecht, 238 pp.
9. Hopkins, W. G. 2004. Introduction to Plant Physiology (3rd ed.). Published in the U.S. with John Wiely and Sons. New York. 557 pp.
10. Jalali, A. H., and Bahrani, M. J. 2014. Effect of crop residue and nitrogen fertilizer on nitrogen use efficiency in corn (*Zea mays* L.) production. Agronomy Journal (Pajouhesh and Sazandegi) 102: 197-204. (in Persian with English abstract).

11. Jami Al-Ahmadi, M., Kafi, M., and Nassiri Mahalati, M. 2008. Salinity effects on radiation utilization characteristics of Kochia (*Kochia Scoparia* L. Schrad.). Journal of Pajouhesh and Sazandegi 78: 177-185. (in Persian with English abstract).
12. Kafi, M., Borzoee, A., Salehi, M., Kamandi, A., Masoumi, A., and Nabati, J. 2009. Physiology of Environmental Stresses in Plants. Publications of Mashhad Jahad Daneshgahi. (in Persian).
13. Kelik, H., Asik, B. B., and Katkat, A. 2010. Effect of potassium and iron on macro element uptake of maize. Zemdirbyste-Agriculture 97: 11-22.
14. Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Mondani, F., Feizi H., and Amirmoradi, Sh. 2009. Evaluation of radiation interception and use by maize and bean intercropping canopy. Journal of Agroecology 1 (1): 13-23. (in Persian with English abstract).
15. Mohammadian, R., Ahmadian, M., and Ghalebis, S. 2004. Effects of potassium application under different irrigation intervals on yield and water use efficiency of two genotypes of sugar beet in furrow irrigation. Journal of Sugar Beet 20: 55-72.
16. Moeini, S., Javadi, Sh., Koukabi, M., and Dehghan Manshadi, M. 2010. Estimation of solar radiation in Iran using an optimal model. Journal of Iran Energy 13 (2): 1-10. (in Persian with English abstract).
17. Nakhoda B, Dezfouli A., Banisadr N. 2000. Water stress on forage yield and quality of pearl millet [*Pennisetum americanum* (L.) Leek. var. Nutrifeed]. Iranian Journal of Agricultural Sciences 31: 701-12 .(in Persian with English abstract).
18. O'Neill, P. M., Shanahan, J. F., Schepers, J. S., and Caldwell, B. C. 2004. Agronomic responses of corn hybrids from different eras to deficit and adequate levels of water and nitrogen. Agronomy Journal 96: 1660-1667.
19. Panahi, M. 2016. Effect of irrigation regimes the yield and water use efficiency of forage millet. Eleventh Conference of National Committee of Irrigation and Drainage of Iran. (in Persian with English abstract).
20. Rathke, G. W., Behrens, T., and Diepenbrock, W. 2006. Integrated nitrogen management strategies to improve seed yield, oil content and nitrogen efficiency of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): A review. Agriculture Ecosystems and Environment 117: 80-108.
21. Roundy, B. A., Winkel, V. K., Cox, J. R., Dobrenz, A. K., and Tewolde, H. 1993. Sowing depth and soil water effects on seedling emergence and root morphology of three warm season grasses. Agronomy Journal 85 (5): 975-982.
22. Sadeghipour Marvi, M. 2009. Effect of nitrogen and phosphorous rates on fertilizer use efficiency in lettuce and spinach. Journal of Horticulture and Forestry 1 (7): 140-147.
23. Seghatoleslami, M. J., Kafi, M., Majidi, I., Nour-Mohammadi, Gh., and Darvish, F. 2007. Effect of drought stress at different growth stages on yield and water use efficiency of five Proso Millet (*Panicum miliaceum*) genotypes. Journal of Water and Soil Sciences 11 (1): 215-227. (in Persian with English abstract).
24. Taiz, L., and Zeiger, E. 2006. Plant Physiology. Sinauer Associates. Inc. Publishers.
25. Vaezi, A. R., Homaee, M., and Malakoti, M. J. 2002. Effect of fertigation on fertilizer use efficiency and water use efficiency on forage corn. Journal of Soil and Water Sciences 16 (2): 152-160. (in Persian with English abstract).
26. Vafabakhsh, J., Nassiri Mahallati, M., and Koocheki, A. 2008. Effect of drought stress on yield and radiation use efficiency in colza cultivars (*Brassica napus* L.). Iranian Journal of Agronomic Research 6 (1): 193-204. (in Persian with English abstract).
27. Zakia, I. A., Dawelbeit, S. E., and Salih, A. A. 2010. Effect of water stress and nitrogen application on grain yield of wheat, http://www.arcsudan.sd/proceedings/.
28. Zarea, Sh., and Shahbazi, H. A. 2007. Economic evaluation of using different amounts of inputs in sugar beet cultivation systems with a focus on water. 6th Conference of Agricultural Economics of Iran. (in Persian).
29. Zebarth, B. J., Leclerc, Y., Moreau, G., and Botha, E. 2004. Rate and timing of nitrogen fertilization of Russet Burbank potato: yield and processing quality. Canadian Journal Plant Sciences 84 (3): 855-863.

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 17, No. 3, Fall. 2019, p. 403-414

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۷، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۸، ص.۴۱۴-۴۰۳

Effects of Water Stress, Nitrogen and Potassium on Some Physiological Characteristics and Dry Matter Yield of Blue Panic Grass (*Panicum antidotale* Retz.)

Z. Jouyban[1], M. Kafi[2*], A. Nezami[2], S. Gh. R. Mousavi[3]

Received: 06-01-2018
Accepted: 29-09-2018

Introduction

Severe water shortage is one of the major challenges of agricultural sector in arid and semi-arid region. Optimal use of water resources, along with improving the efficiency of nutrient elements under drought conditions, will increase or stabilize crop yield. Forage production using plant species with low water requirement and adapted to low quality waters is a sustainable strategy for fodder production in dry areas. Blue panic grass (*Panicum antidotale* Retz.) is a halophytic crop plant, which is water productive and adapted to tropical conditions. This study was carried out to investigate the effects of drought stress, nitrogen and potassium on some physiological characteristics and dry matter yield of blue panic grass in Birjand, South-Khorasan province of Iran.

Materials and Methods

This study was conducted as a split-factorial experiment with three replications using a randomized complete block design at the Research Field of Islamic Azad University of Birjand. Irrigation was considered as the main factor at three levels based on cumulative evaporation from evaporation pan class A (70, 140 and 210 mm), nitrogen fertilizer was applied in three levels based on soil test including zero, 50% (100 kg ha^{-1}) and 100% (200 kg ha^{-1}) of recommended N. Potassium was applied in two levels (zero and 100 kg ha^{-1}). Blue panic grass is perennial and in the first year, most of the photosynthetic assimilate are being used for the establishment of the plant; Hence, treatments were imposed in the second year of the experiment. During the growing season, radiation use efficiency and water use efficiency calculated three times during the growing season. Dry matter accumulation was measured at the final harvest. In addition, nitrogen use efficiency and agronomic nitrogen efficiency were calculated based on the consumed nitrogen fertilizer during the growing season and total dry matter harvested during the growing season.

Results and Discussion

Results showed that under water stress conditions the radiation use efficiency decreased, while, water use efficiency increased. We concluded that providing enough water and nutrients can increase dry matter production and radiation use efficiency. Application of nitrogen and potassium fertilizers under severe water stress conditions led to an increasing water use efficiency. Application of higher levels of nitrogen reduced nitrogen use efficiency.

Conclusions

Blue panic grass showed good performance under water stress conditions. Results indicated that application of nitrogen and potassium fertilizers under water stress conditions could mitigate the adverse effects of drought stress and increase nitrogen and water use efficiency.

Keywords: Drought stress, Nutrient elements, Water use efficiency

1- PhD student of Crop Physiology, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
2- Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
3- Associate Professor, Department of Agronomy, College of Agriculture, Islamic Azad University of Birjand
(*- Corresponding Author Email: m.kafi@um.ac.ir)